



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 41 05 697 A 1**

51 Int. Cl.⁵:
H01 H 9/56
H 01 H 33/66

21 Aktenzeichen: P 41 05 697.3
22 Anmeldetag: 21. 2. 91
43 Offenlegungstag: 27. 8. 92

DE 41 05 697 A 1

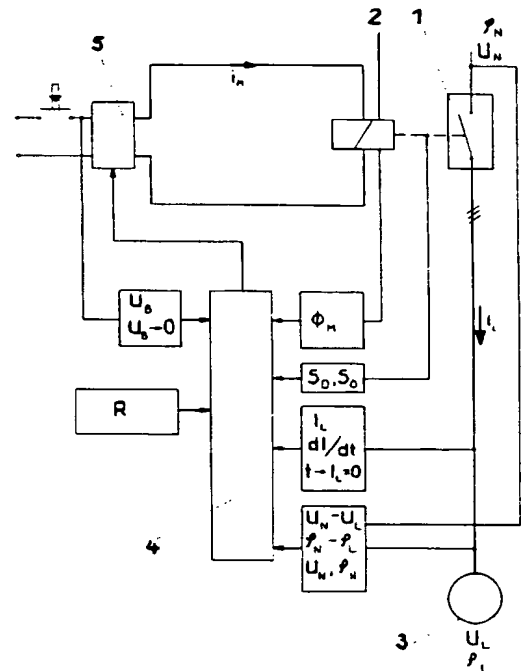
71 Anmelder:
Elektro-Apparate-Werke Berlin GmbH, O-1193
Berlin, DE

72 Erfinder:
Gebauer, Eckehard, Dr., O-1195 Berlin, DE; Czinczoll,
Jürgen, O-1055 Berlin, DE

BEST AVAILABLE COPY

54 Synchronisiert schaltendes Vakuumschütz mit Einzelantrieb

57 Die Erfindung betrifft ein ein- oder mehrpoliges Vakuumschütz mit Einzelantrieb und eine Steuereinrichtung zum synchronisierten Betätigen der Schaltstücke in bzw. kurz vor oder nach dem Stromnulldurchgang des Wechselstromes. Ziel der Erfindung ist ein wartungsfreies Vakuumschütz für die möglichen auftretenden Belastungsfälle. Erfindungsgemäß weist jeder aus Vakuumschaltkammer und direkt zugeordnetem Magnetantrieb bestehender Pol eine Steuereinrichtung auf, die Mittel enthält, um aus den jeweiligen Bewegungsvorgängen des Magnetantriebes und den Belastungsparametern Signale zu gewinnen, die mittels Komparator mit Referenzwerten verglichen werden, verstärkt werden und als Ausgangsgrößen den Magnetantrieb derart steuern, daß er die Schaltstücke in einem Zeitfenster von $2 > t > 0$ ms öffnet und in einem Zeitfenster von $-2 > t < +2$ ms schließt.



DE 41 05 697 A 1

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein ein- oder mehrpoliges Vakuumschütz mit Einzelantrieb und einer Steuereinrichtung zum synchronisierten Betätigen der Schaltstücke in bzw. kurz vor dem Stromnulldurchgang des Wechselstromes, mit dem unter weitestgehender Nutzung handelsüblicher Vakuumschaltkammern bzw. Vakuumschütze eine der mechanischen Lebensdauer entsprechende bzw. gleichwertige elektrische Lebensdauer der Vakuumschaltkammer bei allen Belastungswerten und allen für die jeweilige Schützgröße typischen Schaltströmen erreicht wird, damit u. a. eine vollkommene Wartungsfreiheit während der gesamten Betriebs- bzw. Lebensdauer damit sicherstellt.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Der zwischen den Schaltstücken während des Öffnungsvorganges in jedem Schaltgerät, aber auch bei einem Einschaltprellen entstehende Lichtbogen, führt zu einem Materialabbrand. Dieser Materialverlust begrenzt die erreichbare Lebensdauer der Schaltstücke. Dies bedingt, daß insbesondere bei häufig schaltenden Geräten (Motorschaltgerät, Schütze) je nach Belastung die Schaltstücke während der mechanischen Lebensdauer mehrmals gewechselt werden müssen. Damit verbunden ist ein sehr hoher Materialeinsatz bzw. -verlust, z. B. an silberhaltigen Kontaktwerkstoffen für Luftschütze, aber auch ein hoher Wartungsaufwand (Ausfall- und Reparaturzeit), der in Industrieanlagen mit ausgedehnten Schützensteuerungen, z. B. für die Hilfsantriebe einer Walzensteuerungen, z. B. für die technologischen Ablauf empfindlich behindern kann. Besonders ausgeprägt ist dieser Nachteil bei Luftschützen, in denen der Schaltstückabbrand proportional dem Quadrat des abzuschaltenden Belastungsstromes verläuft.

Dies bedeutet, daß z. B. bei Trippbetrieb von Drehstrommotoren unter den Bedingungen nach AC 4 die Lebensdauer eines Schaltstücksatzes teilweise nur 1% der mechanischen Lebensdauer beträgt und die Schaltstücke etwa 100mal gewechselt werden müßten, um die mechanische Lebensdauer des Gerätes von 10 Mio Schaltspielen voll ausnutzen zu können. Dieser Nachteil wird durch einen anderen Nachteil, durch Überdimensionierung der Geräte teilweise wieder kompensiert, aber mit einem hohen Materialaufwand erkauft.

Eine wesentliche Verbesserung dieses Mißverhältnisses zwischen erreichbarer elektrischer und mechanischer Lebensdauer wurde erreicht durch die Entwicklung und den Einsatz von Vakuumschützen. Mit dem bei geeigneter Dimensionierung in einem großen Strombereich existenten spezifischen Vakuumbogen, auch Vakuumbogen A, war ein etwa nur dem Strom proportionaler Abbrand und damit eine wesentlich höhere elektrische Lebensdauer erreichbar.

Trotzdem ist bei unterschiedlichen bzw. größeren Belastungsströmen noch eine gegenüber der mechanischen Lebensdauer niedrigere elektrische Lebensdauer nicht zu vermeiden, die ebenso eine Auswechslung der aber wesentlich teureren Vakuumschaltkammer verlangt.

Insgesamt ist damit bei allen derzeit bekannten Schützen, deren Ausschaltvorgang mit einem Lichtbogen verknüpft ist, keine Lösung des Widerspruches zwi-

schen mechanischer und elektrischer Lebensdauer zu erreichen.

Zwischenzeitlich sind Anordnungen bekannt geworden, bei denen der mechanischen Kontaktanordnung Halbleiter parallel geschaltet werden (Hybridschütze). Damit wird zwar eine höhere elektrische Lebensdauer durch Kommutieren des abzuschaltenden Stromes auf die parallel geschalteten Halbleiter (Thyristoren) und damit Minimieren des Schaltstückabbrandes erreicht. Wegen des notwendigen Steueraufwandes, insbesondere aber wegen des sehr hohen Aufwandes zum Schutz der Thyristoren gegen Überlastung und Netzausgleichsvorgänge (Überspannungen), konnten sich diese Lösungen nicht durchsetzen.

Dies gilt prinzipiell auch für vollelektronische Lösungen (Halbleiterschütze). Eine befriedigende Lösung ist daher nur durch Vermeiden bzw. Minimieren der Auswirkungen des Schaltlichtbogens unter Beibehaltung der anderen elektrischen Eigenschaften einer mechanischen Kontaktanordnung (z. B. vollkommene Potentialtrennung, Überlastbarkeit u. a.) zu finden.

Zur Realisierung dieses Zieles sind nun Anordnungen bekannt geworden, sowohl für Leistungsschalter als auch für Luftschütze, die beim Schalten von Wechselstrom die Schaltstücke synchron, aber exakt und genau im Strom-Nulldurchgang öffnen, um damit einen Ausschaltvorgang mit Lichtbogen zu vermeiden.

Nachteil aller dieser Anordnungen ist aber, daß hierfür eine extrem hohe Genauigkeit von den mechanischen Elementen garantiert bzw. erreicht werden muß, wofür ein sehr hoher Aufwand erforderlich ist. Es kommt hinzu, daß nach der notwendigen exakten Öffnung die elektrische Festigkeit gegenüber der dann steil ansteigenden bzw. einschwingenden wiederkehrenden Spannung bei Kontaktanordnungen in Luft nicht gegeben ist und damit eine Wiederezündung und ein voller Lichtbogen mit den aber zu vermeidenden Auswirkungen auftritt. Zu lösen wäre dieses Problem nur, wenn neben der exakten Öffnung im Null-Durchgang weiterhin in extrem kurzer Zeit eine so große Öffnung der Schaltstücke erreicht werden kann, daß kein Durchschlag erfolgt. Dies verlangt für Luftschütze aber insgesamt einen technisch und ökonomisch nicht mehr vertretbaren Aufwand.

Um diese technisch-ökonomisch schwer realisierbaren Forderungen zu umgehen, sind weitere Anordnungen bekannt geworden, die für Leistungsschalter und für höhere Spannungen vorschlagen (DR-PS 6 48 888), die Kontaktöffnung in einem für das jeweilige Schaltmedium und der Kontaktanordnung anzupassenden und exakt einzuhaltenden festen Zeitpunkt vor dem Stromnulldurchgang zu realisieren, um nach Erreichen des Stromnulldurchganges eine für die erforderliche wiederkehrende elektrische Festigkeit ausreichende Kontaktöffnung von z. B. mehr als 1 cm zu erreichen. Aber auch solche Anordnungen verlangen einen, für eine Lösung im Sinne der Aufgabenstellung nicht vertretbaren zu hohen Aufwand.

Weitere Anordnungen für mechanisch betätigte Hochspannungsleistungsschalter zum exakten synchronen Öffnen der Kontaktanordnung in einem gewünschten Zeitpunkt sind bekannt geworden (DE-OS 16 40 586), die den Aufwand für den mechanischen Antrieb, der mit höchster Konstanz arbeiten muß, vermeiden wollen, dadurch, daß eine Steuerung der mechanisch betätigten Bewegung des Schaltstiftes durch die Anordnung von aber auch sehr aufwendigen mechanischen Bremsanordnungen und mit Hilfe von mechani-

schen Energiespeichern bewirkt werden soll, so, daß die Kontaktstücke in dem gewünschten, aber exakt synchronen Zeitpunkt öffnen. Auch diese Lösung wäre im Sinne der Aufgabenstellung nicht nutzbar.

Um weitere Nachteile vorgeschlagener Anordnungen zu vermeiden, ist es weiterhin bekannt, die Kontaktstelle in einem Medium mit höherer Durchschlagsfestigkeit oder unter Vakuum anzuordnen. Daraus sind bereits Schaltungsanordnungen zum synchronen Abschalten von Wechselströmen bekannt geworden, bei denen eine unter Vakuum arbeitende mechanisch oder magnetisch betätigte Kontaktanordnung vorgesehen ist, bei der weiter aber durch noch sehr aufwendige Einrichtungen, z. B. das unter einer Federvorspannung stehende bewegliche Schaltstück durch einen zusätzlichen und vom abzuschaltenden Laststrom erregten Magneten gehalten und dann synchron freigegeben wird. Eine ebenfalls bekanntgewordene Anordnung zum synchronen Schalten benutzt eine in der Vakuumkammer eingebaute und magnetisch betätigte Metallzungenkontakteinrichtung, die ebenfalls noch vom Laststrom mit erregt wird (DD-PS 52 447). Die gewünschte synchrone Öffnung erfolgt nach Abschalten der unabhängigen Erregung durch Festhalten der Metallzungen durch die vom Laststrom erzeugte Zusatzerrregung des Magneten bis zum Stromnulldurchgang.

Allen bekannten synchron unter Vakuum schaltenden Kontaktanordnungen ist der Nachteil gemeinsam, daß sie grundsätzlich von einer normalen Kontaktstückanordnung bzw. dem Aufbau einer Vakuumschaltkammer abweichen und einen sehr hohen Aufwand voraussetzen. Ein weiterer wesentlicher Nachteil dieser bekannten Anordnungen, z. B. der Metallzungenkontaktanordnung, ist die geringe Strombelastbarkeit, die weiter eine Schaltstücköffnung in einem größeren Zeitbereich vor dem Stromnulldurchgang nicht gestatten.

Weiter wurde bereits die prinzipielle Möglichkeit erkannt, unter Nutzung der spezifischen Eigenschaften des Schaltmediums Vakuum ein Öffnen der Schaltstücke zu einem bestimmten Zeitpunkt auch kurz vor dem Stromnulldurchgang zuzulassen, ohne jedoch diesen mit entscheidenden Zeitpunkt näher zu definieren bzw. diesen nutzen zu können.

Um die gewünschte exakte synchrone Öffnung der Kontaktanordnungen in den vorgeschlagenen Lösungen für Leistungsschalter zu erreichen, sind vielfältige Verfahren und Anordnungen zum Erfassen und Bilden eines synchronen Ausschaltsignals bekannt geworden. Es sind Synchronisierereinrichtungen, die den exakten Zeitpunkt für den Ausschaltbefehl, d. h. für die Entklinkung des Schaltschlusses des Leistungsschalters, geben, wobei z. B. nach der DE-OS 15 65 995 dieser Ausschaltbefehl kurz vor dem Stromnulldurchgang gegeben wird. Zusätzlich wird mit dieser vorgeschlagenen Anordnung die Entladung eines Energiespeichers so eingeleitet, daß über eine zusätzliche Auslöseeinrichtung die Kontaktstücke zu einem gewünschten Zeitpunkt und innerhalb einer ms öffnen und innerhalb weiterer 0,5 ms einen erforderlichen Isolationsabstand erreichen sollen (dies würde nach der PS 6 48 888 für eine Öffnung von 1 cm eine Öffnungsgeschwindigkeit von 50 m/sec verlangen, die für die in einem Leistungsschalter zu bewegendenden Massen kaum beherrschbare Kräfte verlangen würde). Eine gesteuerte Bewegung der Mechanik des Schalters, wie sie in der DE-OS 16 40 586 beschrieben wird, wird dabei als zu aufwendig angesehen.

Um diesen hohen Aufwand zu vermeiden, wurden noch genauere Steuereinrichtungen zur Erreichung ei-

nes exakten und synchronen Ausschaltzeitpunktes von Hochspannungsleistungsschaltern angegeben, z. B. nach der DD-PS 1 44 328 oder 2 48 903. Auch diese Anordnungen sollen einen exakten Auslösebefehl für einen bestimmten Ausschaltzeitpunkt von mechanisch betätigten Hochspannungsleistungsschaltern erzeugen und bieten keine Lösung im Sinne der Aufgabenstellung.

Insgesamt sind diese vorgeschlagenen Lösungen für ein synchronisiert arbeitendes Vakuumschütz, für das ein minimaler technischer Aufwand erforderlich sein soll, nicht nutzbar.

Ziel der Erfindung ist es, ein wartungsfreies, synchronisiert schaltendes Vakuumschütz unter Nutzung handelsüblicher Vakuumschütze mit Einzelantrieb zu schaffen, bei dem mit einem gegenüber bekannten Lösungen wesentlich niedrigeren und technisch-ökonomisch vertretbaren Aufwand eine Abbrandminimierung der Schaltstücke erreicht werden soll, die eine Angleichung der elektrischen an die mechanische Lebensdauer sicherstellt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, mit Hilfe einer Steuereinrichtung den Magnetantrieb so zu steuern, daß die Schaltstücke so öffnen bzw. schließen, daß ein resultierender Schaltstückabbrand während des Ausschaltvorganges und das Entstehen von hohen Ausgleichsströmen, z. B. bei einem wiederholten Ein- und Ausschalten oder Umschalten von laufenden Drehstrommotoren, sicher vermieden wird.

Erfindungsgemäß wird dies mit Hilfe einer Steuereinrichtung für den Magnetantrieb erreicht, die sich aus Mitteln zur Signalgewinnung, einem Komparator und einem Verstärker zusammensetzt und so arbeitet, daß in an sich bekannter Weise aus den den Bewegungsvorgang bestimmenden mechanischen sowie aus den magnetischen Parametern Signale gewonnen werden, die dem Komparator zugeführt werden, mit Referenzwerten verglichen, einem nachgeschalteten Verstärker zugeführt werden, dessen Ausgänge den Erregerstrom des Magnetantriebes derart steuern, daß die Schaltstücke in jeder Vakuumschaltkammer synchronisiert in einem Zeitfenster von $2 > t > 0$ ms vor dem jeweiligen Stromnulldurchgang öffnen.

In Weiterbildung der Erfindung werden dem Komparator zusätzlich Signale zugeführt, die aus dem Vergleich der Netzspannung mit der Restspannung des Belastungskreises bzw. des wiedereinzuschaltenden Motors gewonnen werden und daß der Magnetantrieb so steuerbar ist, daß die Schaltstücke in einem Zeitfenster von $-2 > t < +2$ ms vor bzw. nach dem jeweiligen Stromnulldurchgang schließen.

Dieses Zeitfenster insbesondere für den Ausschaltvorgang ist mit entscheidend für den Vorteil des erfindungsgemäßen Gedankens. Die Öffnung der Schaltstücke kann dabei unabhängig von dem zu schaltenden Strom zu einem beliebigen Zeitpunkt innerhalb dieses Zeitfensters erfolgen. Bei geeigneter Ausbildung der Schaltstücke wird die Vakuumbogenentladung in Mitte der Schaltstücke entstehen. In dem für Schütze typischen Strombereich bis zu 5 kA max. Ausschaltstrom bildet sich dann unter Berücksichtigung des frühesten Öffnungspunktes von 2 ms vor dem Stromnulldurchgang der spezifische Vakuumbogen Typ A mit parallelen Katodenfußpunkten und jeweils zugehörigen Entladungskanälen aus, die entgegen der Lorentzkraft auseinanderlaufen. Auch dieser Vorgang benötigt eine Zeit in der Größenordnung von 1–2 ms. Da weiterhin der abzuschaltende Strom bis zu dessen Nulldurchgang absinkt, entsteht einmal nicht die volle Anzahl von Teil-

lichtbögen, zum anderen sinkt ihre Zahl mit fallendem Strom, so daß wiederum praktisch der gesamte, in den Katodenfußpunkten emittierte Metaldampf wieder an der jeweiligen Anode niedergeschlagen wird. Damit wird in gewünschter Weise ein resultierender Abbrand des Schaltstückpaares auch bei den maximalen Ausschaltströmen vermieden. Ein weiterer wesentlicher Vorteil ist, daß mit der möglichen Öffnung und auch dem Schließen der Schaltstücke in diesem nutzbaren Zeitfenster im Gegensatz zu den bekannten Anordnungen mit einem festen Öffnungszeitpunkt eine entscheidende Senkung der erforderlichen Genauigkeit und des Aufwandes und eine Realisierbarkeit mit normalen und bereits bekannten Vakuumschaltkammern bzw. Vakuumschützen möglich wird.

Nach weiteren Gedanken der Erfindung wird zur Lösung der Aufgabenstellung ein Vakuumschütz mit Einzelantrieb vorgesehen. Damit kann die gewünschte Öffnung auch bei unsymmetrischen Netzverhältnissen realisiert werden. Auch in bezug auf die wiederkehrende elektrische Festigkeit läßt das Schaltmedium Vakuum weiter zu, daß in einem größeren Zeitabschnitt vor dem Stromnulldurchgang die Schaltstücke geöffnet werden. Einmal ist in der dann im Vakuumbogen A entstehenden Entladung der Materialabbrand und damit der entstehende Metaldampf wesentlich niedriger und zum anderen ist durch eine wesentlich schnellere Rekombination der Ladungsträger und Kondensation des entstandenen Metaldampfes im Vakuum eine entscheidend höhere wiederkehrende Festigkeit vorhanden, so daß auch bei einer Öffnung am Rande des Zeitfensters vor dem Stromnulldurchgang keine Wiederrzündung eintritt.

Weiterer Vorteil einer Vakuumschaltkammer im Sinne der Erfindung ist diese von vornherein größere elektrische Durchschlagfestigkeit, die ein Öffnen der Schaltstücke mit einer üblichen Geschwindigkeit eines normalen Vakuumschützes zuläßt. Wesentlich ist weiter, daß für die erfindungsgemäße Lösung eine nach den bekannten und üblichen Konstruktionsprinzipien aufgebaute Vakuumschaltkammer verwendet werden kann.

Eine weitere wesentliche Voraussetzung für eine hohe elektrische Lebensdauer ist das Vermeiden von Materialabbrand während des Einschaltvorganges, insbesondere wenn eine nicht vollkommen zu vermeidende Prellneigung der Schaltstücke durch Stromkräfte, hervorgerufen durch hohe Ausgleichsströme bzw. Einschaltströme zusätzlich und so verstärkt wird, daß die Schaltstücke und dann im Bereich des Strommaximums öffnen und dabei sehr stark erodiert werden.

Diese Ausgleichsvorgänge können auftreten, wenn ein induktiver Verbraucher, Motor, Transformator, Drossel oder kapazitiver Verbraucher (Kondensator) nicht im Stromnulldurchgang eingeschaltet wird. Noch höhere Ausgleichsströme können entstehen, wenn ein voll erregter Drehstrommotor aus- und kurz danach wieder zugeschaltet oder dieser voll erregte Motor aus- und zur Drehrichtungsumkehr mit vertauschten Phasen wieder zugeschaltet wird und dies insbesondere im Tippbetrieb. Die Ursachen der dann fließenden hohen Ausgleichsströme sind zu suchen in der unterschiedlichen (im Extremfall voll opponierten) Phasenlage des abklingenden Magnetfeldes im Motor bzw. der dadurch induzierten Spannung und der Netzspannung.

Neben der synchronisierten Ausschaltung soll daher der Magnetantrieb in Abhängigkeit von Parametern des Vakuumschützes und der zu schaltenden Last bzw. des speisenden Netzes auch gesteuert eingeschaltet werden. So soll der Magnetantrieb bei einem Einschaltvorgang

durch den vom Verstärker erzeugten Erregerstrom so gesteuert werden, daß die Kontaktanordnung in der Vakuumschaltkammer nur geschlossen wird bei einer Differenz in der Phasenlage zwischen speisendem Netz und vom Motor erzeugter Restspannung von nicht mehr als 30° elektrisch.

Insgesamt soll über einen Vergleich charakteristischer, die Stellung und die Funktion bestimmender Parameter des Magnetantriebes z. B. Magnetfluß, Kontaktdruck, Phasenlage des abzuschaltenden Stromes bzw. Zeitdifferenz bis zu dessen natürlichem Stromnulldurchgang für den Ausschaltvorgang, sowie für den Einschaltvorgang Schaltstücköffnung und Phasenlage bzw. Zeitdifferenz bis zum Nulldurchgang bzw. Maximum der Netzspannung, Phasenlage bzw. Phasenvergleich zwischen Netzspannung und Restspannung des einzuschaltenden Verbrauchers (Motor), u. a. mit Referenzwerten bzw. Sollwerten in dem Komparator verglichen und damit Signale abgeleitet und damit der Verstärker gesteuert werden und mit diesem der Magnetantrieb bzw. dessen Erregerstrom, z. B. nach einer Rampenfunktion und so gesteuert werden, daß die daraus resultierende Magnetbewegung das gewünschte Ein- bzw. Ausschalten in dem vorgegebenen Zeitbereich nach dem Erfindungsgedanken erfolgt.

In Erweiterung bzw. Vereinfachung der erfindungsgemäßen Anordnung kann auch ein Magnetantrieb mit einer konstanten Ein- und Ausschaltverzugszeit, realisiert durch bekannte und übliche Mittel (konstante Kraftcharakteristik, Reibungsverhältnisse, Wege u. a.), eingesetzt werden und durch ein darauf abgestimmtes phasensynchrones Ein- und Ausschaltsignal bzw. Ein- und Ausschalten des Magneterregerstromes, z. B. durch den Verstärker oder auch Komparator direkt gesteuertes Schaltglied, die gewünschte synchronisierte Arbeitsweise in dem erfindungsgemäßen vorgeschlagenen Zeitfenster erreicht werden.

Die Erfindung soll nachstehend anhand des in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels erläutert werden. In den Zeichnungen zeigt

Fig. 1 das Prinzipschaltbild des Vakuumschützes

Fig. 2 das Ausschaltendiagramm des Vakuumschützes

Fig. 3 das Einschaltendiagramm einer Phase

Fig. 4 das Spannungsdiagramm bei Phasenopposition

Fig. 5 das Spannungsdiagramm beim Einschalten

Fig. 6 das Schaltbild der Steuereinrichtung

In Fig. 1 ist schematisch ein 3poliges Vakuumschütz dargestellt in einem unsymmetrischen Drehstromkreis mit belastbarem Sternpunkt (Nulleiter). Jede Vakuumschaltkammer 1 ist mit einem Magnetantrieb 2 direkt gekoppelt. Die durch die Verbraucher 3 fließenden Ströme sind in Fig. 2 wiedergegeben. Sind alle drei Vakuumschützpole eingeschaltet, fließen die Ströme i_R , i_S , i_T , die synchronisiert unterbrochen werden sollen. Hierzu sollen die Schaltstücke in der jeweiligen Vakuumschaltkammer ab einem Zeitpunkt t_1 , t_3 , t_5 nach Fig. 2 vor dem Stromnulldurchgang in den Phasen R, S, T so geöffnet werden, daß eine minimale Bogenbrenndauer von nicht mehr als $t_2 - t_1 = t_{SA}$; $2 \text{ ms} > t_{SA} \geq 0 \text{ ms}$ eintritt.

Hierzu soll jeder Magnetantrieb 2 abhängig von der jeweiligen Phasenlage nach dem Ausschaltbefehl, z. B. zum Zeitpunkt t_0 so ausgeschaltet werden bzw. dessen Erregerstrom so unterbrochen bzw. heruntergeregt werden, daß die Schaltstücköffnung ab den Zeitpunkten t_1 , t_3 , t_5 und innerhalb des Zeitfensters t_{SA} erfolgt.

Nach dem Erfindungsgedanken sollen weiter hohe Einschalt- bzw. Ausgleichsströme dadurch vermieden werden, daß bei Einschalten eines induktiven Verbrau-

chers in einem Zeitbereich t_{SE} vor bzw. spätestens nach dem Spannungsmaximum bzw. Stromnulldurchgang die Schaltstücke in den Vakuumschaltkammern 1 geschlossen werden, Fig. 3.

Sehr hohe Ausgleichsströme treten auf, wenn ein Drehstrommotor mit noch vorhandenem Restmagnetfeld nach einem Ausschaltvorgang wieder in der gleichen oder umgekehrten Drehrichtung eingeschaltet werden soll. Im ungünstigsten Fall können sich dabei die Netzspannung U_N , S , T und die im Motor durch das Restmagnetfeld erzeugte Spannung U_{RM} , SM , TM in Phasenopposition befinden, Fig. 4.

Die Folge ist ein hoher Stromstoß, mit dem das vorhandene Motor-Restmagnetfeld ab- und wieder neu aufgebaut werden muß. Diese Ausgleichsströme können das 25—40fache des Motornennstromes annehmen. Um dies zu verhindern, sollen nach einem weiteren Gedanken der Erfindung die Magnetantriebe 3 so gesteuert werden, daß z. B. ein Wiedereinschalten des Drehstrommotors nur dann erfolgt, wenn beide Spannungssysteme U_N , S , T und U_{RM} , SM , TM nur eine um den Winkel $2 \cdot \zeta_1$ verschiedene Phasenlage aufweisen, Fig. 5.

Das Zeitfenster $\pm t_{SE} + t_{SE} = t_9 - t_7$ bzw. $-t_{SE} = t_8 - t_9$ soll dabei nicht mehr als 2 ms und der Abweichwinkel ζ_1 nicht mehr als 30° elektrisch betragen.

Die zum Erreichen der gewünschten synchronisierten Ein- und Ausschaltung vorgeschlagene Steuerung des Magnetantriebes ist in Fig. 6 im Prinzip dargestellt.

Die die Funktion bzw. Verhältnisse im Schütz bestimmten Parameter, Magnetfluß Φ_M sowie Schaltstücköffnungswege s_0 und Durchdruck s_D werden mit üblichen Mitteln, z. B. Magnetfeldsonden bzw. Endschalter gemessen und einem Komparator 4 zugeführt, ebenso die die Verhältnisse im speisenden Netz und im abzuschaltenden Verbraucher 3 beschreibenden Parameter Spannung U_N ; U_L ; Phasenwinkel ζ_N , ζ_L und den abzuschaltenden Laststrom I_L . Dem Komparator 4 werden weiter die Betätigungsspannung für den bzw. die Magnetantriebe U_B und Referenzwerte R zugeführt. Der Komparator leitet daraus für den Ein- und Ausschaltvorgang Signale ab, mit denen der Verstärker 5 gesteuert wird. Der Verstärker 5 bildet daraus die sowohl für den Ein- als auch für den Ausschaltvorgang notwendige Form und Größe des Magneterregerstromes i_M und so, daß das Schließen bzw. Öffnen der Schaltstücke des jeweiligen Vakuumschützpoles 1 in dem gewünschten Zeitfenster t_{SA} bzw. t_{SE} erfolgt.

In Weiterführung des Erfindungsgedankens kann der Aufwand verringert werden, wenn ein Magnetantrieb mit konstanter Ein- und Ausschaltverzugszeit eingesetzt werden kann. Dann hat der Komparator 4 aus dem Vergleich der zugeführten Werte den Zeitpunkt zu ermitteln, zu dem der Erregerstrom des Magnetantriebes 2 durch den Verstärker 5 oder auch ein anderes steuerbares Schaltglied ein- bzw. ausgeschaltet wird.

Der Einschaltbefehl wird in beiden Fällen abgeleitet von dem Parameter Betätigungsspannung $U_B > 0$ bzw. $U_B \geq U_{Bmin}$ (minimale Betätigungsspannung zum sicheren Einschalten des Schützes) und der Ausschaltbefehl von der Bedingung $U_B = C$. Dies gilt für die übliche Betätigung eines Schützes direkt durch Zu- und Ausschalten der Betätigungsspannung für den Magnetantrieb. Ebenso wäre es möglich, den Ein- und Ausschaltbefehl von einer elektronischen Steuerung direkt abzunehmen und diese Befehle dem Komparator in geeigneter Weise zuzuführen.

Die Erfindungsgedanken können sowohl für ein ein- als auch mehrpoliges Vakuumschütz, z. B. für Dreh-

strom gebildet aus drei einpoligen Vakuumschützen mit jeweilig zugeordnetem Einzelmagnetantrieb, verwendet werden.

Patentansprüche

1. Synchronisiert schaltendes Vakuumschütz mit Einzelantrieb mit einer unter Vakuum arbeitenden, magnetisch betätigten Schaltstückanordnung und einer Steuereinrichtung zum synchronen Öffnen der Schaltstücke in bzw. kurz vor dem Stromnulldurchgang des Wechselstromes, die Mittel enthält, um aus dem Bewegungsvorgang und dem Belastungsstrom Auslösekriterien zu gewinnen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Steuereinrichtung des Magnetantriebes sich aus Mitteln zur Signalgewinnung, einem Komparator (4) und einem Verstärker (5) zusammensetzt und daß in an sich bekannter Weise aus den den Bewegungsvorgang bestimmenden Parametern des Magnetantriebes Öffnungsweg und Magnetfluß, weiter aus den den Belastungsstrom und dessen Phasenlage charakterisierenden Parametern Signale gewonnen werden, die dem Komparator (4) zugeführt, mit Referenzwerten verglichen, dem nachgeschalteten Verstärker (5) zugeführt, der den Erregerstrom des Magnetantriebes derart steuert, daß die Schaltstücke in jeder Vakuumschaltkammer (1) synchronisiert in einem Zeitfenster von $2 > t > 0$ ms vor dem jeweiligen Stromnulldurchgang öffnen.

2. Synchronisiert schaltendes Vakuumschütz mit Einzelantrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dem Komparator (4) zusätzlich Signale zugeführt werden, die aus dem Vergleich der Netzspannung mit der Restspannung des Belastungskreises bzw. des wiedereinzuschaltenden Motors gewonnen werden und das der Magnetantrieb so steuerbar ist, das die Schaltstücke in einem Zeitfenster von $-2 > t < +2$ ms vor bzw. nach dem jeweiligen Stromnulldurchgang schließen.

3. Synchronisiert schaltendes Vakuumschütz mit Einzelantrieb nach den Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Magnetantrieb (2) mit konstantem Bewegungsverhalten bzw. konstantem Ein- und Ausschaltverzug Verwendung findet.

4. Synchronisiert schaltendes Vakuumschütz mit Einzelantrieb nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß von der Steuereinrichtung ein Einschaltbefehl nur dann an den Magnetantrieb (2) gegeben wird, wenn beim Wiedereinschalten von noch laufenden bzw. erregten Wechsel- bzw. Drehstrommotoren die beiden Spannungssysteme Netz- und Motorrestspannung nur um einen Winkel von max. 30° elektrisch voneinander abweichen.

5. Synchronisiert schaltendes Vakuumschütz mit Einzelantrieb nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Einschaltbefehl an den Verstärker bzw. das Schaltglied für den Erregerstrom des Magnetantriebes nur dann gegeben wird, wenn die Betätigungsspannung die zum sicheren Einschalten des Magnetantriebes erforderliche Mindestspannung U_{Bmin} aufweist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

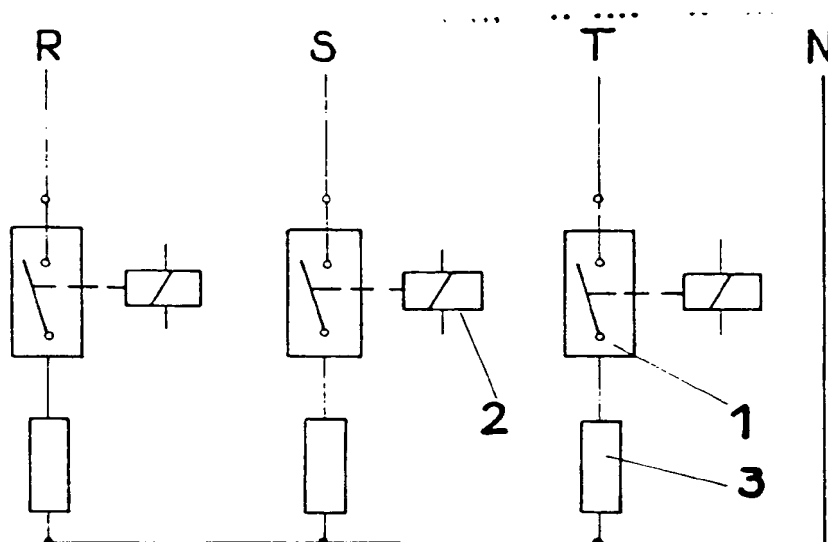


Fig. 1

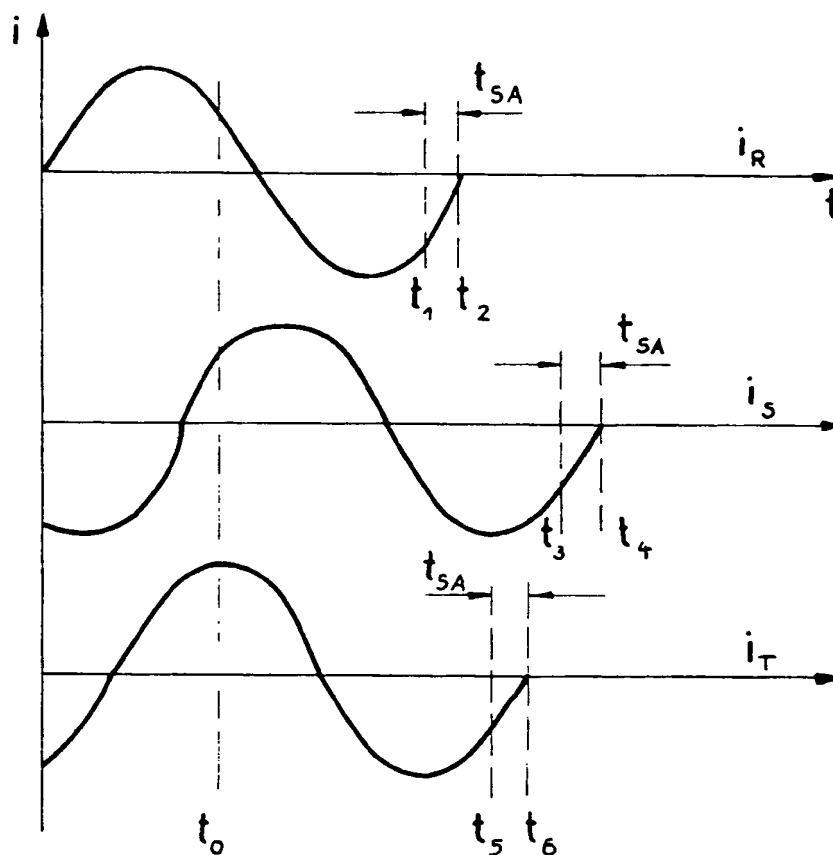
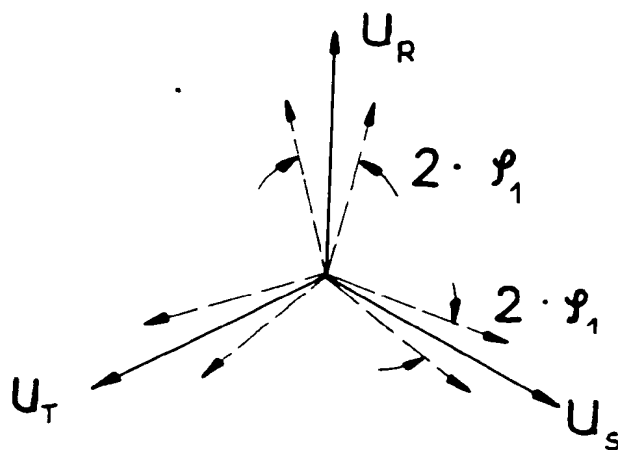
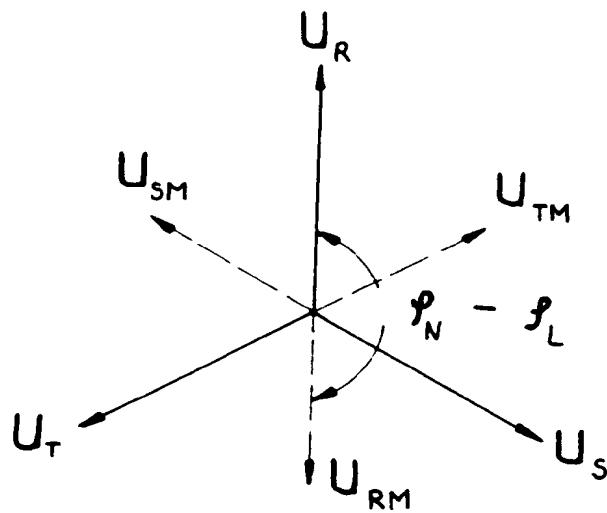
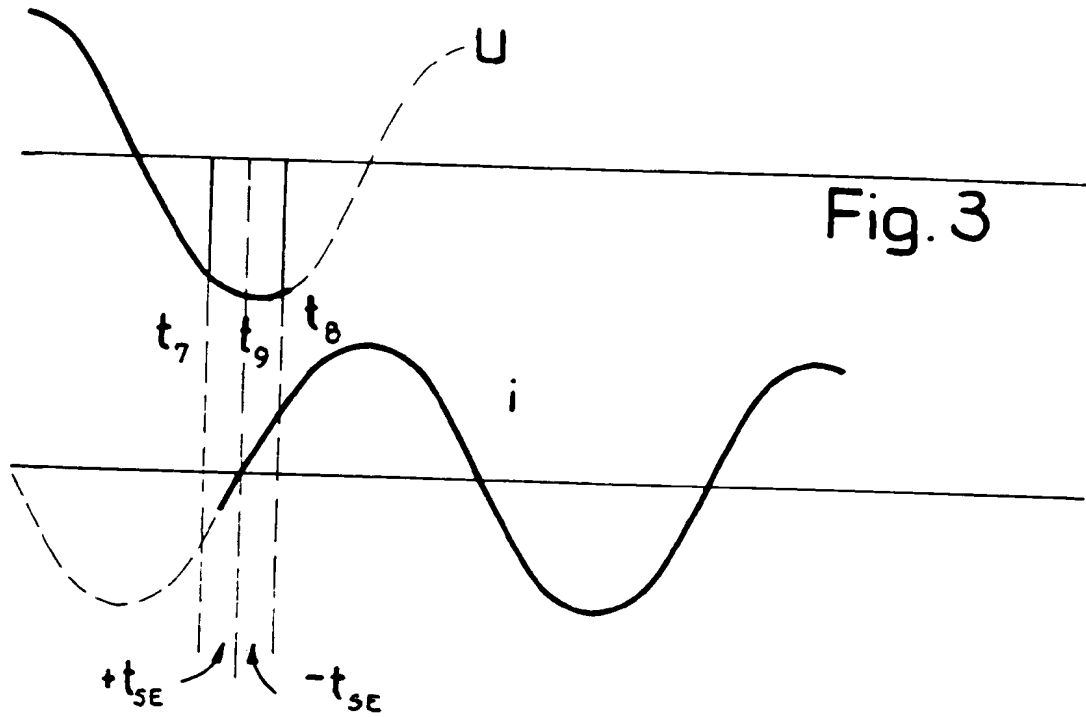


Fig. 2



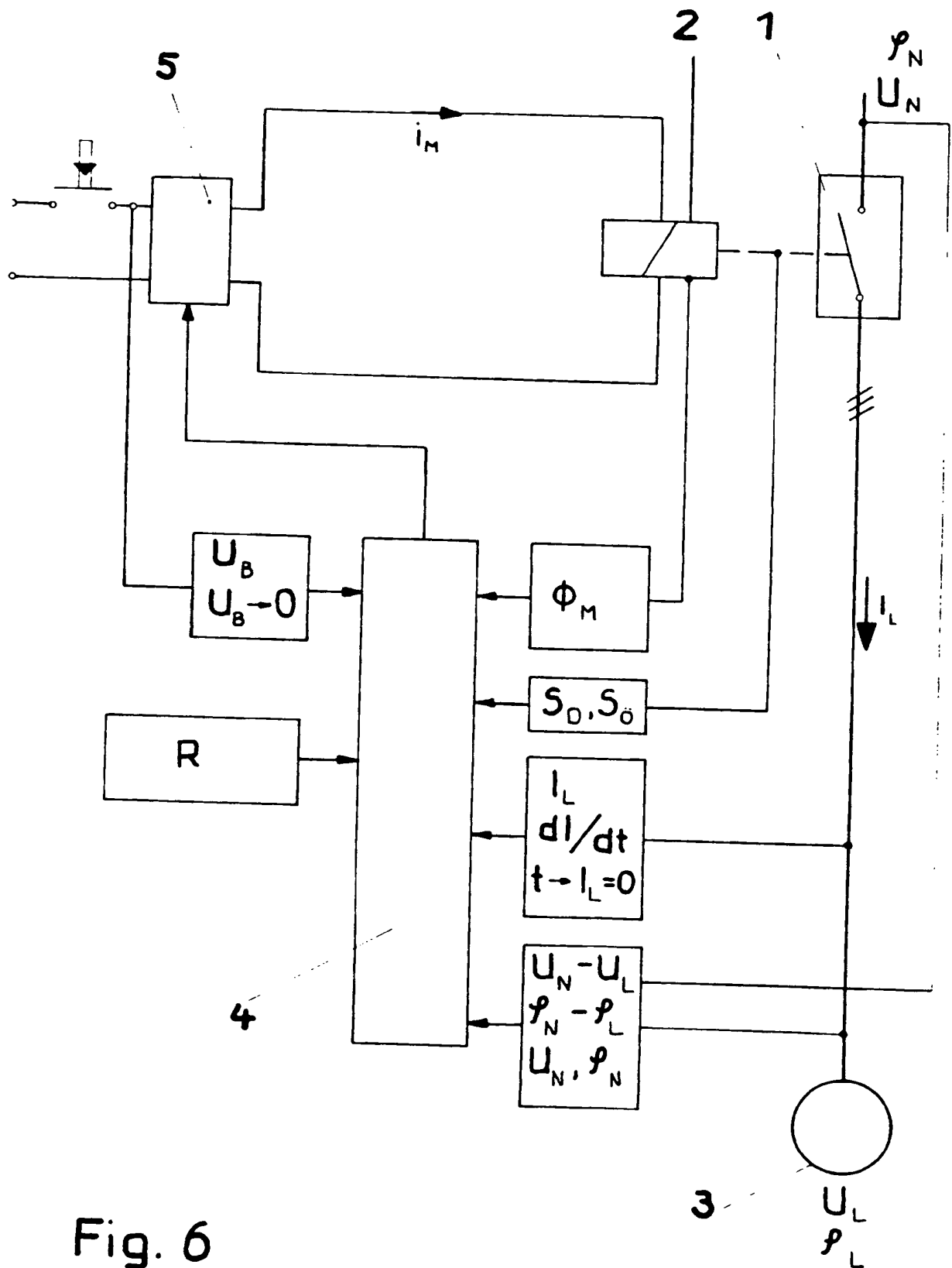


Fig. 6

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)